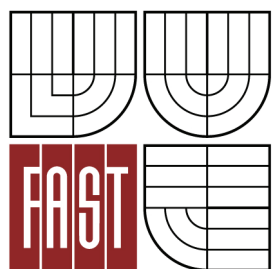




VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ  
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ  
ÚSTAV KOVOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING  
INSTITUTE OF METAL AND TIMBER STRUCTURES

# NOSNÁ KONSTRUKCE OBJEKTU KULTURNÍHO CENTRA

LOAD BEARING STRUCTURE OF COMMUNITY CENTRE

DIPLOMOVÁ PRÁCE  
MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE  
AUTHOR

Bc. IVAN BALÁZS

VEDOUCÍ PRÁCE  
SUPERVISOR

Ing. JAN BARNAT, Ph.D.

BRNO 2012

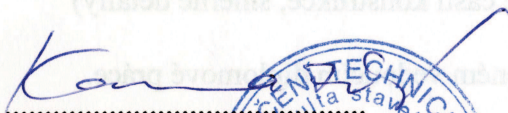


# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

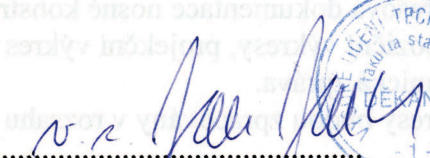
**Studijní program** N3607 Stavební inženýrství  
**Typ studijního programu** Navazující magisterský studijní program s prezenční formou studia  
**Studijní obor** 3607T009 Konstrukce a dopravní stavby  
**Pracoviště** Ústav kovových a dřevěných konstrukcí

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

**Diplomant** Bc. Balázs Ivan  
**Název** Nosná konstrukce objektu kulturního centra  
**Vedoucí diplomové práce** Ing. Jan Barnat, Ph.D.  
**Datum zadání diplomové práce** 31. 3. 2011  
**Datum odevzdání diplomové práce** 13. 1. 2012  
V Brně dne 31. 3. 2011

  
doc. Ing. Marcela Karmazinová, CSc.  
Vedoucí ústavu



  
prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc.  
Děkan Fakulty stavební VUT



## Podklady a literatura

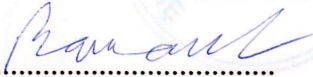
- [1] ČSN 73 1401 - Navrhování ocelových konstrukcí
- [2] ČSN EN 1993-1-1 Navrhování ocelových konstrukcí - Obecná pravidla pro pozemní stavby
- [3] ČSN 73 0035 Navrhování ocelových konstrukcí - Obecná pravidla pro pozemní stavby
- [4] ČSN EN 1991-1-1 Zatížení konstrukcí - Obecná zatížení- Vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb
- [5] ČSN EN 1991-1-3 Zatížení konstrukcí - Obecná zatížení- Zatížení sněhem
- [6] ČSN EN 1991-1-4 Zatížení konstrukcí - Obecná zatížení- Zatížení větrem
- [7] ČSN EN 1993-1-8 Navrhování ocelových konstrukcí - Navrhování styčníků
- [8] ČSN EN 1990 Zásady navrhování konstrukcí
- [9] Melcher J., Straka B.: Kovové konstrukce- Konstrukce průmyslových budov, SNTL Praha 1985
- [10] Tatarko P.: Ocelové a drevené konštrukcie I. alebo nevážno-vážne pojednanie o prvkoch konštrukcií ocelových a drevených, Vydavateľstvo STU, Technická univerzita v Bratislave, Bratislava 2008

## Zásady pro vypracování

Navrhněte nosnou ocelovou konstrukci objektu kulturního centra. Dispozici a konstrukční řešení navrhněte v souladu s architektonickými požadavky ve dvou variantách. Minimální půdorysné rozměry budovy 20x20m Detailně zpracujte vhodně vybranou variantu řešení. Klimatická zatížení uvažujte pro lokalitu Brno.

## Předepsané přílohy

Licenční smlouva o zveřejňování vysokoškolských kvalifikačních prací,  
Návrh a zhodnocení variant řešení.  
Statický výpočet hlavních nosných částí vybrané konstrukce,  
Výkresová dokumentace nosné konstrukce.  
(dispoziční výkresy, projekční výkres vybrané části konstrukce, směrné detaily)  
Technická zpráva.  
Výkresy budou zpracovány v rozsahu stanoveném vedoucím diplomové práce.

  
.....  
Ing. Jan Barnat, Ph.D.  
Vedoucí diplomové práce



## **Abstrakt**

Cílem diplomové práce je návrh ocelové nosné konstrukce objektu kulturního centra o dispozici a konstrukčním řešením v souladu s architektonickými požadavky. Konstrukce se skládá z hlavní lodi a postranních přístaveb na jejích obou protilehlých podélných stranách. Půdorysné rozměry konstrukce jsou 42 m a 62 m, výška v hřebeni střechy je 15 m. Hlavními nosnými prvky nosné konstrukce jsou příčné vazby tvořené plnostěnnými sloupy dole v příčném směru vetknutými a příhradovými vazníky, pro hlavní loď trubkové s obloukovým horním pásem, pro přístavby s přímými pásy. Vzdálenost příčných vazeb je 12 m.

Vaznice pro hlavní loď jsou navrženy příhradové se zakřiveným dolním pásem, vaznice pro přístavby jsou s přímými pásy.

V přístavbách se nachází jedno podlaží, stropní konstrukce je tvořena průvlakem, stropnicí a spráženou stropní betonovou deskou v trapézovém plechu.

Konstrukce je navržena pro oblast města Brna. Návrh je proveden podle ČSN EN 1993.

## **Klíčová slova**

ocelová konstrukce, sloup, vazník, vaznice, příhradová konstrukce, stropnice, sprážená deska

## **Abstract**

The aim of the master's thesis is to design a load bearing steel structure of a community centre in accordance with architectural requirements. The structure consists of a main aisle and two extensions beside. The length of the structure is 62 m, the width 42 m and maximum height 15 m. The main load bearing elements of the structure are transversal restrained columns and truss roof beams. The roof beam for the main aisle is made up of tubes and arched. The lower and upper beams of roof beams for the extensions are straight. The distance between the main columns is 12 m.

The purlins for the main aisle are truss structures with arched lower beam, the purlins for the extensions have straight lower beams of truss.

There is a storey in the extensions. The structure of ceiling consists of girders and interlocked concrete plate in trapezoid metal plate.

The structure is designed for the district of Brno. It is designed in accordance with the ČSN EN 1993 standard.

## **Keywords**

steel structure, column, roof beam, purlin, truss structure, girder, interlocked plate

### **Bibliografická citace VŠKP**

BALÁZS, Ivan. *Nosná konstrukce objektu kulturního centra*. Brno, 2011. 19 s., 420 s. příl. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav kovových a dřevěných konstrukcí. Vedoucí práce Ing. Jan Barnat, Ph.D..

**Prohlášení:**

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracoval samostatně, a že jsem uvedl všechny použité, informační zdroje.

V Brně dne 13.1.2012

.....*Ivan Balabro*.....  
podpis autora

Děkuji vedoucímu mé diplomové práce Ing. Janu Barnatovi, Ph.D. za rady, které mně poskytl a které mně pomohly při zpracování této práce.  
Děkuji rovněž rodině za podporu během mého celého studia.

Ivan Balázs

## Obsah

1.	Úvod.....	1
2.	Popis řešené konstrukce.....	1
2.1	Vaznice.....	1
2.1.1	Popis konstrukce.....	1
2.1.2	Spoje.....	2
2.2	Vazník.....	2
2.2.1	Popis konstrukce.....	2
2.2.2	Spoje.....	2
2.3	Ztužidla.....	3
2.3.1	Příčná střešní ztužidla.....	3
2.3.2	Příčná ztužidla mezi vaznicemi.....	4
2.3.3	Podélné střešní ztužidlo ve svislé rovině.....	4
2.3.4	Okapová ztužidla.....	4
2.3.5	Stěnová ztužidla.....	4
2.4	Příčná vazba a kotvení sloupů.....	4
2.4.1	Sloupy.....	4
2.4.2	Patky a kotvení sloupů.....	5
2.5	Stropní konstrukce.....	5
2.5.1	Průvlak a stropnice.....	5
2.5.2	Spoje.....	6
3.	Montáž konstrukce.....	6
4.	Povrchová úprava.....	6
5.	Závěr.....	6



## 1. Úvod

Cílem práce je návrh ocelové nosné konstrukce objektu kulturního centra o dispozici a konstrukčním řešení v souladu s architektonickými požadavky. Byly navrženy tři konstrukční varianty, po jejichž zhodnocení byla vybrána jedna, která byla detailně zpracována (statické výpočty, výkresová dokumentace). Kritériem pro výběr řešené varianty byla zejména celková hmotnost ocelové nosné konstrukce.

Konstrukce je navržena pro oblast města Brna.

## 2. Popis řešené konstrukce

Jedná se o konstrukci skládající se z hlavní lodi a přístaveb na obou jejích podélných stranách, s rozpětím hlavní lodi 24 m a vedlejších částí po 9 m, celková šířka je tedy 42 m. Celková délka činí 62 m. Hlavní loď je zastřešena válcovou střechou (poloměr zaoblení 25,50 m), vedlejší potom pultovými střechami o sklonu 24%. Objekt je symetrický podle podélné osy. Největší výška objektu je 15 m (vrchol válcové střechy; v podélné ose symetrie).

Hlavními nosnými prvky konstrukce jsou příčné vazby tvořené příhradovými vazníky uloženými na plnostěnných sloupech, které jsou dole v příčném směru vetknuté do základu. S ohledem na vzdálenost příčných vazeb 12 m jsou navrženy příhradové vaznice (pro pultové střechy s přímými pásy, pro válcovou střechu vaznice s parabolickým dolním pásem s ohledem na skutečnost, že konstrukce střechy ze bude, na rozdíl od vedlejších lodí, přiznaná). Stropní konstrukce podlaží ve vedlejších lodích je tvořena plnostěnnými průvlaky, na kterých jsou uloženy plnostěnné stropnice, na nichž spočívá betonová stropní deska vybetonovaná do trapézového plechu, který plní rovněž funkci ztraceného bednění.

Jako materiál nosné konstrukce je použita ocel S235. Svařovací materiál je typu E 44.83. Celková zastavěná plocha činí 2520 m<sup>2</sup>. Podrobný popis jednotlivých částí nosné konstrukce je proveden dále.

### 2.1 Vaznice

#### 2.1.1 Popis konstrukce

Pro válcovou střechu jsou navrženy příhradové vaznice o rozpětí 12 m s parabolickým dolním pásem (s ohledem na vzdálenost příčných vazeb), osová vzdálenost vaznic ve střešní konstrukci činí 3 m. Vzpěrnou stabilitu pásů v rovině střechy zajišťuje příčné ztužidlo mezi vaznicemi v polovině rozpětí horního i dolního pásu. Na vaznici je uložen střešní plášť tvořený střešním panelem Kingpan KS1000 TOP-DEK, vhodným i pro válcové střechy. Diagonály této vaznice jsou tvořeny trubkami profilu TR 42x4. Pro dolní pás je použita trubka profilu TR 108x8, pro horní pás potom profil TR 108x5,6, u vaznic v krajních polích konstrukce profil TR 114,3x8 z důvodu zvýšeného namáhání (přenos sil od čelního větru do příčného ztužidla, které je umístěno v druhé polovině prvního pole konstrukce (mezi mezisloupem a druhou hlavní příčnou vazbou). Celková hmotnost těchto vaznic je 480,36 kg (běžná vaznice), resp. 563,16 kg (vaznice v krajním poli). Trubkové průřezy budou opracovány pomocí CNC stroje. Svary budou defektoskopicky zkontrolovány.

Uprostřed konstrukce střechy, v její podélné ose, je navržena trubková příhradová hřebenová vaznice, která slouží rovněž jako podélné střešní ztužidlo a zajišťuje vzpěrné délky dolního pásu vazníku. Horní pás je z profilu TR 127x10, dolní pás a diagonály z profilu TR 88,9x4. Svislice jsou zároveň svislicemi vazníku a bude o nich pojednáno v popisu vazníku.

Pro pultové střechy vedlejších lodí jsou navrženy příhradové vaznice s přímými pásy o rozpětí 12 m, vzpěrné délky pásů v rovině střechy opět zajišťují příčná ztužidla mezi vaznicemi v polovině jejich rozpětí. Diagonály jsou tvořeny dvojicí rovnoramenných úhelníků profilu L 35/4, dvojice úhelníků jsou použity i pro pásy. V případě horního pásu se jedná o profily L100/50/10, v případě dolního pásu o profily L 80/40/8. Rámové vložky členěných prutů jsou ve všech případech umístěny ve třetinách délek mezi styčníky. Okapové vaznice jsou plnostěnné z profilu IPE 300. Hmotnost této vaznice je 483,04 kg.

## **2.1.2 Spoje**

Diagonály trubkových vaznic jsou k pásům přivařeny koutovými svary, diagonály úhelníkových vaznic pro pultové střechy jsou k pásům připojeny prostřednictvím styčníkových plechů tloušťky 10 mm.

## **2.2 Vazník**

### **2.2.1 Popis konstrukce**

Vazník pro centrální část konstrukce (válnovou střechu) je trubkový, jeho rozpětí je 24 m, je součástí příčné vazby. K horním pásům vazníku jsou po 3 m připojeny trubkové vaznice (ve styčnicích horního pásu vazníku). Poloměr zaoblení horního pásu je 27,55 m, výška vazníku (uprostřed) jsou 3 m. Horní zaoblený pás je z profilu TR 127x11, dolní pás z profilu TR 219,1x16, svislice TR 51x4, diagonály TR 88,9x8,8. Vazník je rozdělen na tři montážní celky. Vzpěrné délky horního pásu z roviny vazby jsou zajištěny prostřednictvím vaznic, u dolního pásu pomocí podélného střešního ztužidla, které je k dolnímu pásu připojeno v polovině rozpětí.

Hmotnost vazníku je 3280,44 kg. Trubkové průřezy budou opracovány pomocí CNC stroje. Svary budou defektoskopicky zkontrolovány. Vazník je opatřen nátěrem odstínu RAL 7044.

Vazník pro vedlejší části stavby (pultové střechy) je kompletně z dvojic úhelníků jako členěné pruty – horní pás z profilů L 150/100/12, dolní pás z profilů L150/15, pro svislice jsou použity profily L50/5, pro tlačnou diagonálu L150/75/11, pro taženou L100/75/9. Rámové spojky členěných prutů jsou ve všech případech umístěny ve třetinách délek mezi styčníky a jsou z plechu tloušťky 10 mm. Mají tyto rozměry: 80 x 80 mm (horní pás), 100 x 100 mm (dolní pás), 40 x 40 mm (svislice), 120 x 120 mm (tlačná diagonála) a 70 x 70 mm (tažená diagonála).

Všechny výše uvedené profily bylo nutno posoudit na tah i tlak z důvodu zatížení větrem, které v určité kombinaci zatížení způsobí záměnu působení prvků z tlačných na tažené a naopak. Z konstrukčních důvodů (velikost styčníkového plechu) došlo u připojení obou diagonál k dolnímu pásu k jejich posunu a uložení je tedy u dolního pásu excentrické. Byl určen přídatný ohybový moment vyplývající z tohoto excentrického umístění a diagonály na něj byly posouzeny.

Celková hmotnost tohoto vazníku činí 1231,63 kg.

### **2.2.2 Spoje**

Diagonály a svislice trubkového vazníku pro válcovou střechu jsou k pásům připojeny pomocí koutových svarů o účinné výšce 4 mm.

Přípoj diagonál a svislic k pásům úhelníkového vazníku pro pultovou střechu je navržen pomocí styčníkových plechů přivařených k profilům pásů, na které jsou profily přivařeny

koutovými svary. Přehled těchto přípojí je uveden v následující tabulce, všechny rozměry jsou v mm.

svary	účinná výška svaru u přilehlé příruby úhelníku	účinná výška svaru u odstávající příruby úhelníku	délka svaru u přilehlé příruby úhelníku	délka svaru u odstávající příruby úhelníku
přípoj tažené diagonály	3	5	50	130
přípoj tlačené diagonály	3	5	50	130
přípoj svislice	3	4	40	70

Z montážních důvodů a z důvodu největší dodávané délky profilů (12 m) je trubkový vazník pro válcovou střechu rozdělen na tři montážní celky. Montážní spoje jsou šroubové, pomocí čelních desek. Pro všechny tyto spoje jsou použity šrouby druhu M24 kvality 6.8. Dolní pás je tak rozdělen na celky o délkách 8,65 m, 7,00 m a 8,65 m. Plechy čelních desek mají tloušťku 12 mm a průměry 340 mm (dolní pás), 250 mm (horní pás) a 210 mm (diagonála). Tyto montážní celky se sešroubují na stavbě.

## 2.3 Ztužidla

Prostorová tuhost konstrukce je zajištěna systémem střešních a stěnových ztužidel. Stěnová ztužidla navazují na příčná střešní ztužidla.

### 2.3.1 Příčná střešní ztužidla

Příčná střešní ztužidla jsou navržena dvě, jejich vzájemná osová vzdálenost činí 42 m. Prostřednictvím sloupků čelní stěny přenášejí zatížení čelním větrem do stěnových ztužidel. Příčné střešní ztužidlo ve válcové střeše je příhradová soustava řešená též s ohledem na funkci, kterou plní při zabezpečování tlačných horních pásů vazníků (stabilizující síly). Jeden pás ztužidla je tvořen horním pásem vazníku; ten bylo třeba znovu ověřit, zda přenesení síly vyplývající z výpočtu ztužidel. Vzhledem k tomu, že byl dimenzován na sílu větší velikosti než je součet sil od nejnepříznivější kombinace zatížení a stabilizujících účinků, nebylo třeba provádět nové posouzení.

Svislice ztužidla je současně horní pás příhradové vaznice; analogicky jako u horního pásu vazníku, i zde bylo ověřeno, že vyhoví i na zvýšené namáhání z důvodu působení stabilizujících sil.

Diagonála i pás tohoto příčného ztužidla ve válcové střeše je tvořena profilem TR 101,6x16. Příčné střešní ztužidlo v pultové střeše vedlejších lodí bylo zpracováno analogicky jako u výše uvedeného ztužidla pro válcovou střechu. Rozdíl je v průřezích – diagonály jsou z dvojice úhelníků L80/8, pás z průřezů L100/10, obě jako členěné pruty s rámovými spojkami ve třetinách délky průřezu.

### **2.3.2 Příčná ztužidla mezi vaznicemi**

K zajištění vzpěrných délek horního a dolního pásu příhradových vaznic ve válcové i pultové střeše slouží příčná ztužidla mezi vaznicemi. Jsou umístěna uprostřed rozpětí vaznice a tvořena kulatinou průměru 34 mm. Tento průměr byl zvolen pro splnění požadované štíhlosti. Skládá se ze dvou částí, jedna zajišťuje vzpěrnou délku horního pásu vaznice a druhá vzpěrnou délku dolního pásu.

### **2.3.3 Podélné střešní ztužidlo ve svislé rovině**

Ve střešní konstrukci válcové střechy je umístěno jedno podélné střešní ztužidlo ve svislé rovině, a to v podélné ose konstrukce, v podstatě je to hřebenová vaznice, ovšem odlišného tvaru než běžné vaznice. Zajišťuje vzpěrnou délku dolního pásu příhradového vazníku. Jedná se o příhradovou konstrukci výšky 3 m, jejíž horní pás je tvořen trubkou průřezu TR 127x10, dolní pás profilem TR 88,9x4, stejně jako diagonály. Rozpětí této příhradové konstrukce je 12 m (mezi hlavními příčnými vazbami), svislice jsou pouze na okrajích a jsou totožné se střední svislicí příhradového vazníku pro válcovou střechu.

### **2.3.4 Okapová ztužidla**

Okapová ztužidla jsou navržena ve válcové i pultových střechách, vždy mezi okapovou vaznicí a první mezilehlou vaznicí jako příhradové soustavy pro přenos účinků bočního větru. Krajní svislice jsou tvořeny pásy vazníků (TR 127x11 pro okapové ztužidlo ve válcové střeše a 2 x L150/100/12 pro pultové střechy), horní pás je tvořen mezilehlými vaznicemi, dolní pás vaznicemi okapovými. Nově navrženy jsou tedy pouze diagonály. Pro válcovou střechu se jedná o profil TR 73x8, pro pultové střechy profil 2 x L80/8 (členěný prut s rámovými spojkami rozměru 60 x 60 mm z plechu tloušťky 10 mm ve třetinách délky prutu).

### **2.3.5 Stěnová ztužidla**

Stěnová ztužidla jsou umístěna v podélných stěnách objektu (v každé podélné stěně jsou dvě), jejich osová vzdálenost činí 42 m a jsou tak navázány na příčná střešní ztužidla, od kterých přebírají zatížení a převádějí jej do základů. Stěnová ztužidla jsou tvořena zkříženými diagonálami, uprostřed spojenými. Tyto diagonály jsou shodně navrženy z dvojice rovnoramenných úhelníků průřezu L 70/7.

## **2.4 Příčná vazba a kotvení**

Příčná vazba je tvořena sloupy dole v příčném směru vetknutými a kloubově připojenými příhradovými vazníky (trubkovým pro válcovou střechu a úhelníkovým pro pultové).

Rozpětí hlavní (centrální) lodi je 24 m, rozpětí vedlejších lodí je po 9 m. Při dimenzování sloupů bylo pro vybočení v rovině příčné vazby nutno uvažovat rámový systém jako celek, což bylo zohledněno při určování součinitelů vzpěrných délek pro vybočení v rovině vazby ve statickém výpočtu.

Pro opláštění objektu jsou použity stěnové panely Kingspan KS1000 AWP a skleněná fasáda.

### **2.4.1 Sloupy**

Hlavní sloup vymezující centrální část konstrukce a součást hlavní příčné vazby se skládá ze spodní části (dířku) dlouhé 4,75 m a horní části (špičky) délky 7,04 m. Průřez není konstantní

po celé délce z toho důvodu, že dřík musí navíc přenášet zatížení způsobené podlažím, které je pomocí průvlaků připojeno na sloupy. Byly posouzeny nejnepríznivější kombinace zatížení v rozhodujících řezech sloupu. Špička je navržena jako plnostěnná průřezu HEB 240, dřík rovněž plnostěnný, průřez HEB 360. Sloup příčné vazby podpírající pultovou střechu je opět plnostěnný, použitý je průřez HEB 300. Do sloupů není třeba vkládat výztuhy.

V konstrukci jsou navrženy i mezisloupy půlící vzdálenost 12 m mezi hlavními příčnými vazbami. Tyto mezisloupy jsou na obou koncích uloženy kloubově – jak u patky, tak připojení k vazníkům. Jejich průřez je navržen jako HEB 220.

Čelní sloupy pro přenos čelního větru jsou také uloženy na obou koncích kloubově a jsou tvořeny plnostěnným profilem IPE 450.

## 2.4.2 Patky a kotvení sloupů

Kotvení sloupů příčné vazby v příčném směru vetknutých je řešeno pomocí patky a závitovými tyčemi druhu M30 a kvality 8.8. Tyto parametry jsou navrženy na základě doporučení výrobce použitého kotevního systému – lepené kotvy (Hilti). Výrobce rovněž doporučuje pro toto kotvení použít beton třídy alespoň C20/25, proto je použita tato třída betonu. Maximální napětí v betonu je ověřeno výpočtem. Délka ocelové patky pro sloup vymezující centrální část konstrukce je 1000 mm, šířka 500 mm. Pro okrajový sloup hlavní příčné vazby je délka patky 800 mm a šířka 400 mm. Výpočtem byla ověřena jak kombinace zatížení s extrémní normálovou silou a odpovídajícím ohybovým momentem, tak kombinace s extrémním ohybovým momentem a odpovídající normálovou silou.

Rozměry průřezu ocelové patky jsou podrobně specifikovány v následující tabulce:

	Výška průřezu na okrajích	Výška průřezu ve střední části	Tloušťka patního plechu
Centrální sloup	150	250	30
Okrajový sloup	100	200	30

Kotevní příčník se skládá z dvojice válcovaných profilů U 260 pro centrální sloup a z dvojice profilů U80 pro okrajový sloup. Ve statickém výpočtu bylo nutno zohlednit požadavek minimálního posuvu 50 mm (je třeba zajistit montážní toleranci v osazení sloupu  $\pm 50$  mm, vzdálenost kotevních šroubů od pateční desky je tedy dána požadavkem minimálního posuvu 50 mm). Příčník je posouzen na ohyb.

## 2.5 Stropní konstrukce

### 2.5.1 Průvlak, stropnice

Stropní konstrukce je tvořena plnostěnným průvlakem průřezu IPE 600 mezi sloupy hlavní příčné vazby a mezi mezisloupy, jeho rozpětí je 9 m. Na průvlaku jsou uloženy plnostěnné stropnice průřezu IPE 300, od sebe navzájem vzdálené 3 m s rozpětím 6 m. Na stropnicích je uložena betonová deska vybetonovaná do trapézového plechu profilu VSŽ 11002 z oceli S320. Celková výška betonové desky (včetně části ve „vlně“ trapézového plechu činí 100 mm. Třída betonu je C30/37. Jedná se o spráženou konstrukci, kdy betonová deska s trapézovým plechem je sprážená s válcovanou stropnicí pomocí spráhovacích trnů průměru 18,20 mm a výšky 87 mm. V každém žeburu trapézového plechu jsou umístěny dva spráhovací trny. Na jednu stropnici připadá celkem 60 trnů.



Trapézový plech byl posouzen jako spojitý nosník o třech polích o rozpětí 3 m (mezi stropnicemi). Vzhledem k tomu vzniká nad podporami záporný ohybový moment, který je v betonové desce nutno vykryt betonářskou výztuží.

### **2.5.2 Spoje**

Kloubový přípoj průvlaku ke sloupu je řešen pomocí čelní desky přivařené koutovými svary k průvlaku. Účinná výška svaru je 5 mm, délka 100 mm. Ke sloupu je tato čelní deska přišroubována šesti šrouby druhu M16 kvality 4.6. Čelní deska je z plechu tloušťky 20 mm a rozměrů 160 x 200 mm.

Stropnice je k průvlaku připojena podobně. Čelní deska je přivařena k plnostěnné válcované stropnici (IPE 300) svarem o účinné výšce 4 mm a délce 70 mm. Čelní deska je připojena k průvlaku čtyřmi šrouby druhu M16 a kvality 5.6. Tloušťka plechu čelní desky je 20 mm, její rozměry jsou 160 x 150 mm.

## **3. Montáž konstrukce**

Jednotlivé dílce budou spojeny na stavbě. Vazník pro válcovou střechu je rozdělen na tři montážní části, které se spojí prostřednictvím montážních šroubových přípojů (čelní desky) na dolním pásu, horním pásu a první vzestupné diagonále. Plech čelních desek je tloušťky 12 mm, tyto jsou k průřezům vazníku přivařeny koutovými svary účinné výšky 4 mm. Šrouby jsou druhu M24 a kvality 6.8.

Rozdělení na tři části je provedeno jednak z montážních důvodů a z důvodu největších délek profilů dodávaných výrobcem a jednak z důvodu nepřekročení největších délek, které lze běžným způsobem přepravovat.

## **4. Povrchová úprava**

Povrchová úprava ocelové konstrukce je provedena pozinkováním (členěné pruty - úhelníky), ostatní průřezy jsou opatřeny nátěrem S2000 (základní nátěr) a S2160 (venkovní nátěr). Trubkový vazník a vaznice jsou opatřeny nátěrem odstínu RAL 7044.

## **5. Závěr**

Celková hmotnost navržené ocelové nosné konstrukce činí 230848,08 kg.

K výpočtu vnitřních sil na výpočtovém modelu konstrukce byl použit program Dlubal RSTAB 7. Statické výpočty (návrh a posouzení průřezů) byly provedeny v programu MS Excel a ověřeny i pomocí programu RSTAB 7, který toto posouzení také umožňuje.

Návrh ocelové nosné konstrukce je proveden podle normy ČSN EN 1993. Třída provedení dle ČSN EN 1090 je EXC2.

V Brně dne 13.1.2012

Bc. Ivan Balázs

## Seznam použitých zdrojů

ČSN EN 1990. *Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí*. Praha: Český normalizační institut, 2003.

ČSN EN 1993-1-1. *Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí - Část 1-1: Obecná pravidla pro pozemní stavby*. Praha: Český normalizační institut, 2006.

ČSN EN 1991-1-3. *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-3: Obecná zatížení - Zatížení sněhem*. Praha: Český normalizační institut, 2005.

ČSN EN 1991-1-4. *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-4: Obecná zatížení - Zatížení větrem*. Praha: Český normalizační institut, 2007.

ČSN EN 1993-1-8. *Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí - Část 1-8: Navrhování styčníků*. Praha: Český normalizační institut, 2006.

MELCHER, Jindřich a Bohumil STRAKA. *Kovové konstrukce: Konstrukce průmyslových budov*. 5. Praha: SNTL - Nakladatelství technické literatury, 1985, 218 s.

## Vysvětlivky značek uvedených ve statickém výpočtu

### Velká písmena

$A$	plná průřezová plocha šroubu
$A$	průřezová plocha
$A_{ch}$	průřezová plocha pásu členěného prutu
$A_s$	plocha šroubu účinná v tahu
$A_w$	průřezová plocha stojiny
$B_{P,Rd}$	návrhová smyková únosnost při protlačení hlavy nebo matice šroubu
$B_{Ed}$	bimoment
$C_1$	součinitel závisející na zatížení a podmínkách uložení konců
$C_2$	součinitel závisející na zatížení a podmínkách uložení konců
$C_3$	součinitel závisející na zatížení a podmínkách uložení konců
$C_{1,0}$	součinitel závisející na zatížení a podmínkách uložení konců
$C_{1,1}$	součinitel závisející na zatížení a podmínkách uložení konců
$C_{dir}$	součinitel směru
$C_e$	součinitel expozice
$C_{mLT}$	součinitel ekvivalentního konstantního momentu
$C_{my}$	součinitel ekvivalentního konstantního momentu
$C_0(z)$	součinitel orografie
$C_{pe,10}$	součinitel tlaku
$C_r(z)$	součinitel drsnosti
$C_{season}$	součinitel ročního období
$C_t$	tepelný součinitel
$F_{b,Rd}$	návrhová únosnost šroubu v otlacení
$F_{Ed}$	návrhová působící síla
$F_{t,Rd}$	návrhová únosnost šroubu v tahu
$F_{V,Ed}$	návrhová smyková síla ve šroubu v mezním stavu únosnosti
$F_{V,Rd}$	návrhová únosnost šroubu ve střihu
$E$	modul pružnosti v tahu, tlaku
$G$	modul pružnosti ve smyku
$I_b$	moment setrvačnosti rámové spojky v rovině
$I_{eff}$	účinný moment setrvačnosti členěného prutu
$I_{fc}$	moment setrvačnosti tlačené pásnice k hlavní ose nejmenší tuhosti průřezu
$I_{ft}$	moment setrvačnosti tažené pásnice k hlavní ose nejmenší tuhosti průřezu
$I_{ch}$	moment setrvačnosti jednoho pásu členěného prutu v rovině
$I_{st}$	moment setrvačnosti příčných výztuh
$I_t$	moment setrvačnosti v kroucení
$I_v(z)$	intenzita turbulence
$I_w$	výsečový moment setrvačnosti
$I_y$	moment setrvačnosti průřezu k ose y
$I_z$	moment setrvačnosti průřezu k ose z
$L$	délka svaru
$L$	rozpětí lodi
$L_{cr,T}$	vzpěrná délka při vybočení zkroucením
$L_{cr,y}$	kritická vzpěrná délka kolmo k ose y
$L_{cr,z}$	kritická vzpěrná délka kolmo k ose z
$L_D$	výška dřívku
$L_H$	výška špičky
$L_{min}$	minimální délka svaru
$M_{b,Rd}$	návrhová únosnost v ohybu při klopení
$M_{c,Rd}$	návrhová únosnost v ohybu
$M_{cr}$	pružný kritický moment při klopení

$M_{Ed}$	návrhový ohybový moment
$M_{el,Rd}$	návrhová elastická momentová únosnost
$M_{Rk}$	charakteristická únosnost rozhodujícího průřezu v ohybu
$N_{b,Rd}$	vzpěrná únosnost
$N_{cr}$	kritická síla
$N_{cr,T}$	pružná kritická vzpěrná síla při vybočení zkroucením
$N_{cr,TF}$	pružná kritická síla pro vybočení při prostorovém vzpěru
$N_{cr,y}$	pružná kritická síla při rovinném vzpěru k ose y
$N_{cr,z}$	pružná kritická síla při rovinném vzpěru k ose z
$N_{Ed}$	návrhová hodnota osových sil
$N_{ch,Ed}$	návrhová tlaková síla v pásu uprostřed délky členěného prutu
$N_{ch,b,Rd}$	návrhová vzpěrná únosnost pásu
$N_{pl,Rd}$	návrhová únosnost neoslabeného průřezu
$N_{Rk}$	charakteristická únosnost rozhodujícího průřezu při působení osových sil
$N_{t,Rd}$	návrhová únosnost v tahu
$N_{u,Rd}$	návrhová únosnost oslabeného průřezu
$R$	výslednice sil
$S_v$	smyková tuhost panelu členěného prutu s příhradovými nebo rámovými spojkami
$T_b$	výslednice takového napětí v betonu
$T_{Ed}$	krouticí moment
$T_{t,Ed}$	moment prostého kroucení
$T_{w,Ed}$	moment vázaného kroucení
$V_{E,d}$	návrhová smyková síla
$V_{pl,Rd}$	plastická smyková únosnost
$W_{el,y}$	elastický modul průřezu k ose y
$W_{el,z}$	elastický průřezový modul k ose z
$W_{pl,y}$	plastický modul průřezu k ose y
$W_{pl,z}$	plastický průřezový modul k ose z
$Z$	tahová síla v kotevních šroubech

## Malá písmena

$a$	účinná výška svaru
$a$	vzdálenost mezi spojkami pásů členěného prutu
$b$	šířka průřezu
$b_{eff}$	efektivní šířka
$b_f$	šířka pásnice
$d$	hloubka konstrukce (délka povrchu rovnoběžného se směrem větru)
$d$	výška rovné části stojiny
$d$	jmenovitý průměr šroubu
$d_0$	průměr otvoru pro šroub
$d_m$	menší z hodnot průměrů příčných vzdáleností rohů a hran, které se stanoví na hlavě a matici šroubu
$e$	excentricita normálové síly
$e_1$	vzdálenost šroubu od okraje
$e_2$	vzdálenost šroubu od okraje
$f_{cd}$	výpočtová hodnota válcové pevnosti betonu v tlaku
$f_{ck}$	charakteristická hodnota válcové pevnosti betonu v tlaku
$f_y$	mez kluzu
$f_u$	mez pevnosti
$f_{ub}$	mez pevnosti materiálu šroubu
$h_0$	vzdálenost těžišť pásů členěného prutu

$h$	výška průřezu
$h$	výška konstrukce
$h_f$	vzdálenost mezi středy pásnic
$h_w$	výška stojiny
$i_0$	polární poloměr setrvačnosti
$i_y$	poloměr setrvačnosti k ose y
$i_z$	poloměr setrvačnosti k ose z
$k_r$	součinitel terénu
$k_w$	součinitel vzpěrné délky
$k_{yy}$	součinitel interakce
$k_{yz}$	součinitel interakce
$k_z$	součinitel vzpěrné délky
$k_{zy}$	součinitel interakce
$k_{zz}$	součinitel interakce
$k_\tau$	součinitel napětí
$l_{eff}$	efektivní délka
$n$	počet rovin s rámovými spojkami
$n$	počet střihových rovin
$p_1$	rozteč mezi šrouby
$p_2$	rozteč mezi šrouby
$q_p(z)$	maximální hodnota dynamického tlaku větru
$s$	charakteristická hodnota zatížení sněhem (rovnoměrné spojitě zatížení)
$s_k$	základní tíha sněhu
$t$	tloušťka
$t_f$	tloušťka pásnice
$t_{fd}$	tloušťka dolní pásnice
$t_{fh}$	tloušťka horní pásnice
$t_p$	tloušťka desky
$t_w$	tloušťka stojiny
$u$	průhyb
$u_{max}$	maximální hodnota průhybu
$v_{b,0}$	výchozí hodnota základní rychlosti větru
$v_m$	střední rychlost větru
$w$	tlak větru (rovnoměrné spojitě zatížení)
$Z_0$	parametr drsnosti terénu
$Z_{0,II}$	parametr drsnosti terénu
$Z$	výška nad zemí
$Z_a$	souřadnice působíště zatížení vzhledem k těžišti průřezu
$Z_g$	souřadnice působíště zatížení vzhledem ke středu smyku
$Z_{min}$	minimální výška
$Z_s$	souřadnice středu smyku vzhledem k těžišti průřezu

## Velká řecká písmena

$\Phi$	hodnota pro výpočet součinitele vzpěrnosti
$\Phi_{LT}$	hodnota pro výpočet součinitele klopení



## Malá řecká písmena

$\alpha$	součinitel
$\alpha$	součinitel zahrnující vliv typu zatížení a okrajových podmínek v uložení
$\alpha_1$	součinitel imperfekce
$\alpha_{LT}$	součinitel imperfekce pro klopení
$\beta$	součinitel vzpěrné délky
$\beta$	součinitel zahrnující vliv typu zatížení a okrajových podmínek v uložení
$\beta_W$	korelační součinitel pro svary závislý na druhu oceli
$\gamma_{M0}$	dílčí součinitel spolehlivosti
$\gamma_{M1}$	dílčí součinitel spolehlivosti materiálu
$\gamma_{M2}$	dílčí součinitel spolehlivosti pro spoje
$\gamma_P$	součinitel páčení
$\varepsilon$	součinitel zavisející na $f_y$
$\zeta_g$	bezrozměrný parametr působíště zatížení vzhledem ke středu smyku
$\zeta_j$	bezrozměrný parametr nesymetrie průřezu
$\kappa$	opravný součinitel kroucení zahrnující vliv skutečné tuhosti průřezu v prostém kroucení
$\kappa_{wt}$	bezrozměrný parametr kroucení
$\lambda$	štíhlost
$\lambda_y$	štíhlost k ose y
$\lambda_z$	štíhlost k ose z
$\bar{\lambda}_{LT}$	poměrná štíhlost při klopení
$\bar{\lambda}_T$	poměrná štíhlost při vybočení zkroucením
$\bar{\lambda}_w$	poměrná štíhlost stěny
$\bar{\lambda}_y$	poměrná štíhlost k ose y
$\bar{\lambda}_z$	poměrná štíhlost k ose z
$\mu$	součinitel účinnosti
$\mu$	součinitel tření
$\mu_{cr}$	bezrozměrný kritický moment
$\mu_i$	tvarový součinitel zatížení sněhem
$\pi$	Ludolfovo číslo
$\rho$	měrná hmotnost vzduchu
$\tau$	smykové napětí
$\chi_{LT}$	součinitel klopení
$\chi_T$	součinitel vzpěrnosti při prostorovém vzpěru
$\chi_y$	součinitel vzpěrnosti při rovinném vzpěru k ose y
$\chi_z$	součinitel vzpěrnosti při rovinném vzpěru k ose z
$\psi$	oměr koncových momentů
$\psi_f$	parametr nesymetrie průřezu

## **Seznam příloh**

Příloha 1: Úvod, základní rozměry konstrukce, dispozice a varianty pro předběžné návrhy

Přílohy 2 a 3: Zatížení pro jednotlivé varianty

Příloha 4: Předběžné návrhy variant a jejich zhodnocení

Příloha 5: Podrobný návrh a statický výpočet řešené varianty

Příloha 6: Výkresová dokumentace